



一种基于梯度域的彩色图像 转灰度图像的方法

章卫祥, 周秉锋

(北京大学计算机科学技术研究所, 北京 100871)

摘要:本文提出了一种基于梯度域的彩色图像转灰度图像的方法。当彩色图像转化为灰度图像时,一些亮度相似但颜色不同的可视细节可能会丢失。本文通过在梯度域的操作,试图减少这种彩色图像转化为灰度图像时可视细节的丢失。此方法首先将图像从RGB颜色空间转化到LCrCb空间,然后对各个分量分别计算其梯度。其次对亮度L的梯度进行修改,若梯度值较大,则保持不变;若梯度值较小,并且对应位置色差分量Cr或Cb的梯度值较大,则保持亮度L梯度的方向不变,适当放大其大小。最后通过对修改后的亮度梯度求解泊松方程,得到灰度图像。实验表明,此方法获得的灰度图像保留了大部分的可视细节。

关键词:计算机图像处理;彩色图像;灰度图像;梯度域

中图分类号:TD317.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0270(2007)03—0020—03

A Color to Gray Method Based on Gradient Domain

ZHANG Wei-xiang, ZHOU Bing-feng

(Institute of Computer Science and Technology, Peking University, Beijing, 100871)

Abstract:In this paper, we developed a color to gray method based on gradient domain. When a color image is converted into gray image, some visible details caused by the chromatic difference with similar luminance will be lost. We attempt to preserve these details through the processing on the gradient domain. Our method has three steps. First, it converts the input image into LCrCb color space and calculates the gradients of every channel. Secondly, the small gradients of L channel are augmented if the corresponding gradients of Cr or Cb channel are large, and the others keep unchanged. Finally, the gray image is obtained from the modified gradients of L channel by solving a Poisson equation. The experiments show that the most visible details are preserved in the gray image.

Key Words:Digital image processing; color image; gray image; gradient domain

1 引言

现在彩色图像已经得到了很广泛的应用,但是,仍然有很多情况使用灰度图像,例如黑白打印机等,所以,有时需要将彩色图像转化为灰度图像。

传统的彩色图像转灰度图像的方法一般是对各个通道加权求和,这样求得的灰度图像对应实际场景的亮度,例如LCrCb空间的L通道,可以由RGB三个通道加权求和得到,反映场景的亮度,可以单独拿出来作为灰度图像。

收稿日期:2006-11-02

作者简介:章卫祥,男(1979-),2001年毕业于北京大学地球物理学系,获得学士学位;2004年毕业于北京大学计算机科学技术研究所,获得硕士学位。主要从事高动态范围图像、图像分割等数字图像处理方面的研究。

周秉锋,男(1963-),北京大学计算机科学技术研究所研究员、博士生导师,研究所学术委员会委员,中国图形图像学会虚拟现实专业委员会委员。研究方向包括:机器人运动学图形模拟、几何造型和CAD/CAM,彩色图像处理。

亮度相同或相近但颜色不同的区域,在彩色图像中,我们很易区别,但是,通过传统方法转化为灰度图像后,这些区别就消失或很难分辨了。我们的目标不是要灰度图像准确反映实际场景的亮度,而是要在灰度图像中尽可能多的保留彩色图像中能够区别的细节。

Gooch等人已经做了类似的工作^[1],他们首先将图像转换到CIE Lab颜色空间;然后利用亮度和色度的相邻像素之间的差来生成灰度图像相邻像素之间的差;最后通过优化算法得到灰度图像。

我们的方法是先将图像转化到LCrCb空间,然后对各个分量分别计算其梯度。接着对亮度L的梯度进行修改,若梯度值较大,则保持不变;若梯度值较小,并且对应位置色差分量Cr或Cb的梯度值较大,则保持L梯度方向不变,增大其大小。最后通过求解泊松方程,得到灰度图像。

本文第二部分介绍相关工作,第三部分详细介绍我们的算法,试验结果在第四部分,最后给出我们的结论。

2 相关工作

在梯度域操作的图像处理方法首先由Fattal等人提出^[2],他们的目标是压缩高动态范围图像的动态范围,以使它能够在低动态范围的显示设备上显示。他们首先计算高动态范围图像的梯度,然后缩减大的梯度值,最后在修改后的梯度域上求解泊松方程,得到低动态范围图像。

Perez等人在梯度域进行图像编辑^[3],能够将透明和不透明的图像和目标图像区域进行无缝融合,或者在一个选定区域无缝地改变图像外观。

我们的方法基于一个事实,在彩色图像上有明显区别的地方(可视细节),一定在亮度或者色度的梯度域产生一个较大的值。在亮度梯度值小而色度梯度值大的地方,增大其亮度梯度值,这样,从亮度梯度域恢复出来的灰度图像能够保留彩色图像上的可视细节。

下面介绍我们算法的细节。

3 算法

我们把LCrCb空间亮度分量记为 $L(x, y)$,梯度放大函数为 $\phi(x, y)$,修改后的梯度为 $G(x, y)$,则

$$G(x, y) = \nabla L(x, y) \Phi(x, y) \quad (1)$$

要从梯度 G 恢复灰度图像 I ,不能直接积分,我们按照文献^[2]中的方法,搜索二维函数空间,使得灰度图像 I 的梯度在最小平方差的意义上和 G 最接近,也就是要最小化积分

$$\iint F(\nabla I, G) dx dy \quad (2)$$

$$\text{其中, } F(\nabla I, G) = \|\nabla I - G\|^2 = \left(\frac{\partial I}{\partial x} - G_x\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y} - G_y\right)^2$$

根据变分原理,函数 I 最小化(2)式中的积分,必须满足欧拉-拉格朗日方程

$$\frac{\partial F}{\partial I} - \frac{d}{dx} \frac{\partial F}{\partial I_x} - \frac{d}{dy} \frac{\partial F}{\partial I_y} = 0 \quad (3)$$

代入 F 并化简,得到泊松方程

$$\nabla^2 I = \text{div} G \quad (4)$$

其中 ∇^2 是拉普拉斯算子,

$$\nabla^2 I = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2}, \quad \text{div} G = \frac{\partial G_x}{\partial x} + \frac{\partial G_y}{\partial y}$$

为梯度 G 的散度,求解此泊松方程就得到灰度图像了。

下面我们来定义梯度放大函数 $\phi(x, y)$ 。

首先,我们分别计算亮度梯度和色度梯度的平均值

$$A_L = \frac{\sum \|\nabla L\|}{M} \quad \text{和} \quad A_C = \frac{\sum \|\nabla C_r\| + \|\nabla C_b\|}{M}$$

其中 M 为总像素个数。

对于亮度梯度值小于其平均值 A_L 且两个色度梯度值之和大于其平均值 A_C 的像素,我们将放大其梯度

$$\Phi(x, y) = \frac{\|\nabla C_r\| + \|\nabla C_b\|}{A_C}$$

色度梯度值越大,放大的倍数也越大。

其他情况我们保持梯度不变,即 $\phi(x, y) = 1$ 。

4 试验结果

试验结果如图1所示,此图来自文献^[1], (a)为彩色图像, (b)为传统方法, (c)为文献^[1]中的结果, (d)为我们的结果。从图中可以看出,在传统方法获得的灰度图像中,太阳及其在水中的倒影,云彩等处丢失了

许多细节,而在文献^[1]和我们的方法中,这些细节很 大部分被保留下来了。



(a)彩色图像



(b)传统方法(LCrCb中的L通道)



(a)文献[1]中方法



(b)我们的方法

图1

5 结论

在彩色图像转灰度图像过程中,我们通过梯度域上的操作,将彩色图像中一些颜色的差别添加到灰度图像中。我们的彩色图像转灰度图像的方法和传统的加权和不同,传统方法得到的灰度图像只反映图像的亮度,我们的方法得到的灰度图像大体上反映图像的亮度,在亮度相似但颜色不同的地方,也能体现出差别,因此在灰度图像中保留了更多的可视细节。

参考文献:

- [1]Gooch, A.A., Olsen, S.C., Tumblin, J. and Gooch, B. Color2Gray: Saliency-Preserving Color Removal[J]. Proc. ACM Siggraph 2005, 24(3), 634-639.
- [2]Fattal, R., Lischinski, D., and Werman, M. Gradient Domain High Dynamic Range Compression[J]. Proc. ACM Siggraph 2002, 21(3), 249-256.
- [3]Perez, P., Gangnet, M., and Blake A. Poisson Image Editing [J]. ACM Siggraph 2003, 22(3), 313-318.